

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005 年 8 月 25 日 (25.08.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/078782 A1

(51) 国際特許分類: H01L 21/31, C23C 16/511,
C23F 4/00, H01L 21/3065, H05H 1/46

(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/002217

(22) 国際出願日: 2005 年 2 月 15 日 (15.02.2005)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2004-037851 2004 年 2 月 16 日 (16.02.2004) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED)
[JP/JP]; 〒1078481 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号
Tokyo (JP).

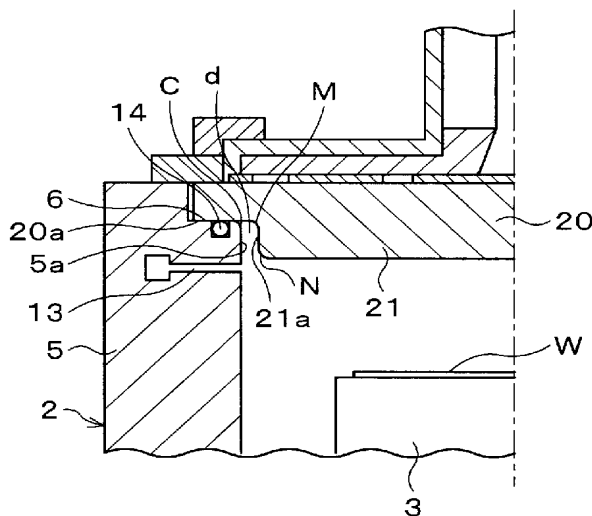
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 石橋 清隆
(ISHIBASHI, Kiyotaka) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県
尼崎市扶桑町 1-8 東京エレクトロン A T 株式会
社内 Hyogo (JP). 北川 淳一 (KITAGAWA, Junichi)
[JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町 1-8 東京
エレクトロン A T 株式会社内 Hyogo (JP). 古井 真悟
(FURUI, Singo) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑
町 1-8 東京エレクトロン A T 株式会社内 Hyogo
(JP). 田 才忠 (TIAN, Cai zhong) [CN/JP]; 〒6600891
兵庫県尼崎市扶桑町 1-8 東京エレクトロン A T
株式会社内 Hyogo (JP). 山下 潤 (YAMASHITA, Jun)
[JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町 1-8 東京
エレクトロン A T 株式会社内 Hyogo (JP). 山本 伸彦
(YAMAMOTO, Nobuhiko) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県
尼崎市扶桑町 1-8 東京エレクトロン A T 株式会
社内 Hyogo (JP). 西塚 哲也 (NISHIZUKA, Tetsuya)
[JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町 1-8 東京
エレクトロン A T 株式会社内 Hyogo (JP). 野沢 俊久

[続葉有]

(54) Title: PLASMA PROCESSING APPARATUS AND PLASMA PROCESSING METHOD

(54) 発明の名称: プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法



(57) Abstract: [PROBLEMS] To improve a process quality of a plasma processing apparatus using microwaves, by suppressing generation of a strong magnetic field and a high-density plasma in the vicinity of a contact point of a supporting part, which supports a transmission window, and the transmission window. [MEANS FOR SOLVING PROBLEMS] The plasma processing apparatus processes a wafer W in a process container (2) by plasma generated by supplying microwaves. The transmission window (20) has a drooping part (21) made of a same material as that of the transmission window (20) in its lower plane center area. A space d, having a gap length of 0.5-10mm, more preferably, 0.5-5mm, is formed between an outer circumference plane (21a) of the drooping part (21) and a side wall inner plane (5a) continued from the supporting part (6). Generation of the strong magnetic field and the plasma at the contact point C is suppressed, and a quantity of sputtered particles, radicals, etc. reaching the wafer W is suppressed.

[続葉有]

WO 2005/078782 A1



(NOZAWA, Toshihisa) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町 1-8 東京エレクトロン A T 株式会社内 Hyogo (JP). 西本 伸也 (NISHIMOTO, Shinya) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町 1-8 東京エレクトロン A T 株式会社内 Hyogo (JP). 湯浅 珠樹 (YUASA, Tamaki) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町 1-8 東京エレクトロン A T 株式会社内 Hyogo (JP).

(74) 代理人: 金本 哲男, 外 (KANEMOTO, Tetsuo et al.); 〒1620065 東京都新宿区住吉町 1-1 2 新宿曙橋ビル はづき国際特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,

SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 【課題】 マイクロ波を利用したプラズマ処理装置において、透過窓を支持する支持部と該透過窓との接点近傍で、強い電界、高密度プラズマが発生するのを抑え、処理の質の向上を図る。【解決手段】 マイクロ波の供給によって発生したプラズマによって、処理容器 2 内のウエハ W に対して処理を施すプラズマ処理装置において、透過窓 20 はその下面中央領域に、透過窓 20 と同じ材質の垂下部 21 を有している。垂下部 21 の外周面 21a と、支持部 6 から続く側壁内面 5a との間は、0.5~1.0 mm、より好ましくは 0.5~5 mm のギャップ長を有する隙間 d が形成されている。接点 C での強い電界、プラズマの発生が抑制され、スパッタされた粒子やラジカル等がウエハ W に到達する量も抑えられる。

明 細 書

プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法

技術分野

[0001] 本発明は、プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法に関するものである。

背景技術

[0002] 従来からマイクロ波を利用して処理容器内でプラズマを発生させ、処理容器内の基板に対して、例えばCVD処理やエッチング処理など処理を施すプラズマ処理が提案されている。

[0003] 従来のこの種のマイクロ波を利用したプラズマ処理装置は、処理容器の上部開口部を気密に覆う誘電体、例えば石英やセラミックスからなる平板状の透過窓を有しており、この透過窓は、処理容器においては透過窓の周縁部を支持する支持部によって支持されている。前記透過窓の上面には、例えばスロットアンテナと呼ばれる、スロットや穴が多数形成された金属板を設けられている。そして、マイクロ波を前記誘電体の上方に供給し、前記スロットや穴からリークさせたマイクロ波によって透過窓下方に電界を発生させて、処理容器内に導入した処理ガスをプラズマ化させて、所定のプラズマ処理を行うようになっている(特許文献1参照)。

[0004] しかしながら、前記したようなマイクロ波励起によるプラズマ発生方式では、透過窓内に強い電磁界定在波が形成され、特に透過窓と当該透過窓を支持する支持部との接点(例えば支持部の処理容器内側周縁部)で強い電界によるエネルギーが高いプラズマが形成される傾向にある(ここでは「エッジ効果」と言う)。その理由は、誘電体に近いところでは、マイクロ波電界が強いためプラズマの電子温度が高くなり、その領域に物質面があると電位差が高くなって当該面に対するイオンの照射エネルギーが高くなるからである。

その結果、前記接点近傍の部材がプラズマによってスパッタされて、被処理体である基板に付着し、被処理体の処理レートに不均一が生じたり、処理の質が劣化するおそれがある。また前記接点近傍では、透過窓のその他の部分で発生するプラズマの質(例えばラジカル密度、プラズマ密度、電子温度)に差異を生じ、処理の不均一

さを招くおそれがある。このような現象は、高速処理を行うために電力を大きくした場合には、より顕著になる。

特許文献1: 日本国特許公開公報特開2002-299240号

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0005] 本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、透過窓を支持する支持部と該透過窓との接点近傍での強い電界、プラズマの発生に起因する前記したような弊害を抑制することを目的としている。

課題を解決するための手段

- [0006] 前記目的を達成するため、本発明のプラズマ処理装置は、処理容器の上部開口部を気密に覆う誘電体からなる透過窓と、前記処理容器において前記透過窓の周縁部を支持する支持部とを有し、前記透過窓は中央領域に透過窓と同じ材質の垂下部を有し、当該垂下部の外周面と、前記支持部から続く処理容器の側壁内面との間は、所定距離以上の隙間が形成されていることを特徴としている。
- [0007] かかる特徴を有する本発明のプラズマ処理装置によれば、透過窓における下方に突出した垂下部の外周面が、一種の遮蔽壁の機能を果たし、支持部の処理容器内側周縁部近傍での強い電界、プラズマによってスパッタされた粒子やラジカル等が被処理体に到達する量を抑えることができる。しかも透過窓と支持部との接触部分より内側、すなわち垂下部の外周面には、強いインピーダンス変更点が生ずるので、透過窓内部から外へ向かって伝播するマイクロ波は、そこで反射するので、支持部の処理容器内側周縁部での電界集中が緩和され、支持部の処理容器内側周縁部での強電界、高密度プラズマの発生自体を抑止できる。
- [0008] なお前記所定距離は0.5〜10mm、より好ましくは0.5〜5mmであること、すなわち垂下部の外周面と、支持部又は支持部から続く処理容器の側壁内面との間は、0.5〜10mm、より好ましくは0.5〜5mm離れていることがよい。同空間が狭いと下記に詳述するように、垂下部外周面と支持部から続く処理容器の側壁内面との間で強い電界が生じてしまい、前記したような従来技術の問題を改善することが難しくなる。また逆に離れすぎてしまうと、垂下部による遮蔽効果が失われる。

- [0009] 発明者らによれば、異常放電の原因となる透過窓と支持部材間の接点近傍の強い電界における下方に突出した垂下部の外周面が、一種の遮蔽壁の機能を果たし、支持部の処理容器内側周縁部近傍での強い電界を抑制するため、当該接点近傍にプラズマが入り込んで到達するようにすれば、このプラズマがチャージアップを中和するなどして、強い電界の発生を抑制することができる。ここでプラズマが微小な隙間に存在するためには、少なくともシースを形成するだけの空間が存在することが必要である。
- [0010] マイクロ波プラズマの場合には、電子密度は $1 \times 10^{10} / \text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{12} \text{cm}^3$ になるので、図1に示したように、シースは0.2mm弱となる。なおこのときのプラズマは、アルゴンプラズマである。シースは垂下部側と支持部材側との双方に形成される必要があるので、隙間の幅は最低でも0.4mm必要になる。そして製作、組みつけの際の誤差を考慮すると、隙間の所定距離は結局0.5mm以上の長さが必要となる。
- [0011] また他方隙間の長さの上限については、長すぎるとすなわち隙間が大きすぎると、結局垂下部がないのと同じ状態になり、プラズマの電子温度が高くなる。したがって、垂下部の外周面と、支持部又は支持部から続く処理容器の側壁内面との間の隙間は、0.5～10mm、より好ましくは0.5～5mm離れていることがよい。
- [0012] 前記垂下部の外周面は、下方に向かうにつれて次第に前記隙間が大きくなるテーパ面であってもよい。このように外周面をテーパ状に成形することにより、既述したマイクロ波の反射の度合いを緩和させることができ、反射を過度にした場合に懸念される、被処理体上方でのプラズマ密度の不均一を防止することができる。
- [0013] 前記垂下部の中心側領域に、凹部が形成されていてもよい。それによって、透過窓の垂下部外側には、相対的に凸部が形成されることになり、それによって、前記凹部と凸部の各下面側に発生する電界の強度に相異をつけることができ、被処理体上方でのプラズマ密度の制御を行うことができる。
- [0014] かかる場合も、前記凹部を形成する側壁は、凹部の中心側に向けて傾斜したテーパ面であってもよい。これによって、マイクロ波の反射の度合いを調整して、さらに微細なプラズマ密度の制御を行うことができる。
- [0015] 垂下部については、その幅が $\lambda / 4$ を超えると(λ はマイクロ波が透過窓中を伝播

する際の波長), 垂下部内に進入しやすくなり, 垂下部と支持部ととの間に生ずる電界が強くなるおそれがある。したがって, マイクロ波の透過窓中の波長を λ としたとき, 前記垂下部の幅は $\lambda/4$ 以下であることが好ましい。

[0016] また前記した垂下部の遮蔽壁の機能を鑑みると, 前記垂下部の垂直方向の長さを L , 前記所定距離を D としたとき L/D は3以上であることが好ましい。また前記垂下部の垂直方向の長さは20mm以上, 好ましくは30mm以上がよい。

[0017] 前記支持部又は支持部から続く側壁における処理容器内に面した各表面の少なくともいずれかには, Y_2O_3 (イットリア) がコーティングされていてもよい。これによって, 支持部を構成する材質が直接スパッタされて, そのコンタミネーションが発生することを防止できる。また Y_2O_3 (イットリア) がコーティングは, 支持部, 支持部から続く側壁において処理容器内でプラズマに曝される部分になされることが好ましい。

[0018] また本発明の別な観点によれば, 本発明のプラズマ処理装置は, 処理容器の上部開口部を気密に覆う誘電体からなる透過窓と, 前記処理容器において前記透過窓の周縁部を支持する支持部とを有し, 前記支持部の下方には, 前記透過窓下面との間に所定距離以上の隙間をおいて前記処理容器内に突出するひさし部が設けられたことを特徴としている。

[0019] このように前記支持部の下方には, 前記透過窓下面との間に所定距離以上の隙間をおいて前記処理容器内に突出するひさし部を設けても, 当該ひさし部が前記した遮蔽壁の機能を果たし, 支持部の処理容器内側周縁部近傍での強い電界を抑制し, プラズマによるスパッタリングが抑制されて, 粒子やラジカル等が被処理体に到達する量を抑えることができ, また支持部の処理容器内側周縁部での電界集中が緩和され, 支持部の処理容器内側周縁部での強電界, 高密度プラズマの発生自体を抑制できる。

かかる場合も, 前記所定距離は, 0.5mm〜10mm, 好ましくは0.5mm〜5mmがよい。

[0020] 本発明のプラズマ処理方法は, 処理容器の上部開口部を気密に覆う誘電体からなる透過窓と, 前記処理容器において前記透過窓の周縁部を支持する支持部とを有し, 前記透過窓は透過窓と同じ材質の垂下部を中央領域に有し, 当該垂下部の外周

面と前記支持部から続く処理容器の側壁内面との間には隙間が形成されたプラズマ処理装置を用い、当該隙間を調整することで、前記透過窓周辺部での電界の強度を制御することを特徴としている。

[0021] 既述したように、当該垂下部の外周面と前記支持部から続く処理容器の側壁内面との間の隙間の長さを調節することで、その近傍の電界強度を調節することが可能であり、それによって透過窓を支持する支持部と該透過窓との接点近傍での強い電界、プラズマの発生に起因する前記したようなエッジ効果の弊害を抑えることができる。

[0022] またさらに別な観点によれば、本発明のプラズマ処理方法は、前記プラズマ処理装置は、処理容器の上部開口部を気密に覆う誘電体からなる透過窓と、前記処理容器において前記透過窓の周縁部を支持する支持部とを有し、前記透過窓は透過窓と同じ材質の垂下部を中央領域に有し、当該垂下部の外周面と前記支持部から続く処理容器の側壁内面との間には隙間が形成され、前記外周面は、下方に向かうにつれて次第に前記隙間が大きくなるテーパ面であるプラズマ処理装置を用い、このテーパ面のテーパ角度を調整することで、前記透過窓周辺部での電界の強度を制御することを特徴としている。

[0023] そのようにこのように外周面をテーパ状に成形することにより、既述したマイクロ波の反射の度合いを緩和させることができ、透過窓と当該透過窓を支持する支持部との接点（例えば支持部の処理容器内側周縁部）での電界の強度を制御して、前記したエッジ効果の弊害を抑えることができる。

発明の効果

[0024] 本発明によれば、透過窓を支持する支持部と該透過窓との接触部近傍での強い電界、プラズマの発生に起因した、前記接触部近傍の部材がプラズマによってスパッタされて、被処理体である基板に付着したり、被処理体の処理レートに不均一が生じたり、処理の質が劣化することを抑えることができる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]電子密度とシース長との関係を示すグラフである。

[図2]実施の形態にかかるプラズマ処理装置の縦断面図である。

[図3]図1のプラズマ処理装置の透過窓付近を示す縦断面図である。

[図4]垂下部の外周面がテーパ面である透過窓付近の縦断面図である。

[図5]垂下部の中央に凹部を有する透過窓付近の縦断面図である。

[図6]処理容器の側壁内側にひさし部を有するプラズマ処理装置の透過窓付近を示す縦断面図である。

[図7]他の実施の形態における透過窓と支持部接点近傍の拡大断面図である。

[図8]ギャップ長と電子温度との関係を示すグラフである。

[図9]ギャップ長と電子密度との関係を示すグラフである。

[図10]酸化膜形成処理における実施の形態と従来技術とのウエハ上の電子密度の分布を示すグラフである。

符号の説明

- [0026]
- 1 プラズマ処理装置
 - 2 処理容器
 - 3 サセプタ
 - 5 側壁
 - 5a 側壁内面
 - 6 支持部
 - 20 透過窓
 - 21 垂下部
 - 21a 外周面
 - C 接点
 - d, e 隙間
 - W ウエハ

発明を実施するための最良の形態

- [0027] 以下、本発明の実施の形態について説明する。図2は、本実施の形態にかかるプラズマ処理装置1の縦断面の様子を示しており、このプラズマ処理装置1は例えばアルミニウムからなる、上部が開口した有底円筒状の処理容器2を備えている。処理容器2は接地されている。この処理容器2の底部には、基板として例えば半導体ウエハ（以下ウエハという）Wを載置するためのサセプタ3が設けられている。このサセプタ3

は例えばアルミニウムからなり、処理容器2の外部に設けられた交流電源4から、バイアス用の高周波が供給されるようになっている。

[0028] 処理容器2の底部には、真空ポンプなどの排気装置11によって処理容器2内の雰囲気気を排気するための排気管12が設けられている。また処理容器2の側壁には、処理ガス供給源(図示せず)からの処理ガスを供給するための、例えばガスノズルのようなガス導入部13が設けられている。

[0029] 処理容器2の上部開口には、気密性を確保するためのOリングなどのシール材14を介して、たとえば石英からなる透過窓20が設けられている。石英に代えて、他の誘電体材料、たとえばAlN、サファイヤ等のセラミックスを使用してもよい。この透過窓20によって、処理容器2内に、処理空間Sが形成される。透過窓20は、平面形態が円形である。

[0030] 透過窓20の上方には、アンテナ部材、例えば円板状のスロットアンテナ30が設けられており、さらにこのスロットアンテナ30の上面には遅波板31、遅波板31を覆うアンテナカバー32が設けられている。スロットアンテナ30は、導電性を有する材質、たとえばAg、Au等がメッキされた銅の薄い円板からなり、多数のスリット33が、例えば渦巻状や同心円状に整列して形成されている。

[0031] アンテナカバー32には同軸導波管35が接続されており、この同軸導波管35は、内側導体35aと外管35bとによって構成されている。内側導体35aは、スロットアンテナ30と接続されている。内側導体35aのスロットアンテナ30側は円錐形を有し、効率よくスロットアンテナ30に対してマイクロ波を伝播するようになっている。同軸導波管35は、マイクロ波供給装置36で発生させた、たとえば2.45GHzのマイクロ波を、負荷整合器37、同軸導波管35、遅波板31、スロットアンテナ30を介して、透過窓20に伝搬させる。そしてそのエネルギーによって透過窓20の下面に電界が形成されて、ガス導入部13によって処理容器2内に供給された処理ガスをプラズマ化し、サセプタ3上のウエハWに対して、所定のプラズマ処理、例えば成膜処理やエッチング処理等が行われる。

[0032] 透過窓20の形状、及びその支持状態は次のようになっている。すなわち、透過窓20は、その下面側の中央領域、つまり少なくとも基板と対向する面に、下方に突出した

一様な厚さの垂下部21を有する形状を有している。処理容器2の側壁5の上方内側に形成された段部による支持部6の上面に、透過窓20の周縁部20aを含む周辺部が支持されて、透過窓20自体は支持されている。そして垂下部21の外周面21aと、前記支持部6から続く処理容器2の側壁内面5aとの間には、図2にも示したように、隙間dが形成されている。隙間dの長さは0.5mm〜10mm、好ましくは0.5mm〜5mmに設定されている。その結果、図3に示したように支持部6と透過窓20の接点Cは、サセプタ3上のウエハW上からは直接視野に入らないようになっている。なお垂下部21外周面21aと、透過窓20において支持部6によって支持される部分の角部M、並びに垂下部21の外周面と垂下部21の下面との境目の角部Nは、いずれも曲面によって構成されている。

[0033] 本実施の形態にかかるプラズマ処理装置1は以上の構成を有しており、プラズマ処理するには、処理容器2内のサセプタ3上にウエハWを載置し、ガス導入部13から所定の処理ガスを処理容器2内に供給しつつ、排気管12から排気することで、処理空間S内を所定の圧力にする。そして交流電源4によってウエハWにバイアス高周波を印加すると共に、マイクロ波供給装置36によってマイクロ波を発生させて、透過窓20を介してマイクロ波を処理容器2内に導入して透過窓20の下方に電界を発生させることで、処理空間S内の前記処理ガスがプラズマ化され、処理ガスの種類等を選択することで、ウエハWに対して所定のプラズマ処理、例えばエッチング処理、アッシング処理、成膜処理等の各種のプラズマ処理が実施できる。

[0034] そして本実施の形態にかかるプラズマ処理装置1においては、透過窓20の中央領域に透過窓20と同じ材質の垂下部21を有し、支持部6と透過窓20の接点Cは、サセプタ3上のウエハW上からは直接視野に入らないようになっているから、垂下部21が遮蔽壁の機能を果たし、接点C近傍での強い電界やプラズマによってスパッタされた粒子やラジカル等が、ウエハWに到達する量を抑えることができる。この垂下部21の存在により、垂下部21の外周面21aには、強いインピーダンス変更点が生ずるので、透過窓20を介して導入されるマイクロ波は、そこで反射するので、接点Cでの電界集中が緩和されその近傍での強電界、高密度プラズマの発生自体が抑制されている。

[0035] また垂下部21の外周面21aと、支持部6から続く側壁内面5aとの間には、0.5mm

〜10mm, より好ましくは0.5mm〜5mmの厚さの隙間dが形成されているので, 当該隙間dに強い電界が生じてしまうこともない。またこの隙間dの大きさ(長さ)を調節することで, 電界の集中度を制御することができ, 結果的に透過窓20下方の空間でのプラズマ密度の制御を行うことができる。また垂下部21外周面21aと, 透過窓20において支持部6によって支持される部分の角部M, 並びに垂下部21の外周面と垂下部21の下面との境目の角部Nは, いずれも曲面によって構成されているので, 当該部分付近での電界の集中も阻止されている。

[0036] 以上のように, 本実施の形態にかかるプラズマ処理装置1によれば, 前記した支持部6と透過窓20との接点C近傍の部材がプラズマによってスパッタされて, 被処理体であるウエハWに付着したり, ウエハWの処理レートに不均一が生じたりするおそれではなく, 処理の質が劣化することがないものである。また隙間dの大きさを調節することにより, プラズマ密度の制御をも実施することができる。

[0037] 前記プラズマ処理装置1においては, 透過窓20の垂下部21の外周面21aは, 垂直な面, すなわち側壁5の内面5aと平行な面で形成されていたが, 図4に示したように, 垂下部21の外周面21aが, 下方に向かうにつれて次第に隙間dが大きくなるようなテーパ面で形成してもよい。そうすると, 外周面21aと側壁内面5aとの織りなす角度, つまりテーパ角度 θ を調整することで, 透過窓20内の周辺部におけるマイクロ波の反射の度合いを緩和させることができ, さらに透過窓20の周辺部での電界集中度を制御して, 当該周辺部でのプラズマ密度を制御することができる。

[0038] さらに別な変形例として図5に示した透過窓20を提案することができる。この透過窓20は, 垂下部21の中心側領域に, 凹部22が形成されたものである。そして凹部22を形成する透過窓20における凹部22に面した側壁23は, 凹部22の中心側に向けて傾斜したテーパ面として形成されている。

[0039] かかる構成により, 透過窓20の垂下部21外側には, 相対的に凸部24が形成されることになり, それによって, 凹部22と凸部24の各下面側に発生する電界の強度に相異をつけることができ, ウエハWの上方でのプラズマ密度の制御を行うことができる。しかも側壁23はテーパ面であるから, マイクロ波の反射の度合いを該側壁23の部分でさらに調整することができ, より一層微細でかつ複雑なプラズマ密度の制御を行

うことができ、プラズマの均一性が向上できる。

- [0040] 前記実施の形態によれば、透過窓20に垂下部21を設けることで接点Cでの電界の集中による弊害を防止するようにしていたが、図6に示したように、支持部6の下方における側壁5の内側に、透過窓20下面との間に所定距離以上の隙間eをおいて、処理容器2内に突出するひさし部25を設けてもよい。かかる場合、接点Cがひさし部25によって遮られ、ウエハW上から接点Cが直接視野に入らないように、ひさし部25の長さ、eの大きさ(長さ)が設定されるのが好ましい。但し隙間e自体の大きさは、0.5mm〜10mm、より好ましくは0.5mm〜5mmがよい。
- [0041] これによって、ひさし部25が前記したような遮蔽壁の機能を果たし、接点C近傍での強い電界を抑制し、プラズマによるスパッタリングを抑制して、粒子やラジカル等がウエハWに到達する量を抑えることができ、また支持部の処理容器内側周縁部での電界集中が緩和され、支持部の処理容器内側周縁部での強電界、高密度プラズマの発生自体を抑止できる。
- [0042] なお垂下部21の垂直方向の長さについては、図7の例に即していえば、垂下部21の垂直方向の長さLは、20mm以上、より好ましくは30mm以上がよい。この図7のように、垂下部21の凹部22側の側壁23は、既述したようなテーパ面でなくともよく、図7のような垂直面でもよい。
- [0043] 図8に示したのは、マイクロ波プラズマにおける透過窓20からの距離(横軸)と電子温度、図9は同じく電子密度との関係を示す測定グラフである。この結果からわかるように、透過窓20からの距離は、10mm以下で特に電子温度が高く、また10〜20mmでも低圧になると、電子温度が比較的高いので、より好ましくは20mmまで設定することが好ましい。
- [0044] さらにまた図7に示したように、前記支持部6や、支持部6から続く側壁内面5aにおける処理容器内2に面した各表面の少なくともいずれかに、耐プラズマ性の優れた Y_2O_3 (イットリア)のコーティング部41が形成されていてもよい。コーティング部41は、プラズマ溶射、CVD、スパッタリング、イオングレーティング方法で形成されているのがよい。これによってプラズマによる支持部6におけるスパッタリング耐性が向上する。なお図7中42は、Oリングなどのシール部材である。

- [0045] なお Y_2O_3 (イットリア)のコーティング部41は、支持部6から少なくとも処理容器2の内側に面している表面において、透過窓20との実効的接触面のうち、実効的接線から少なくとも0.5mm以上離れたところから被覆していることが好ましい。ただし、実効的接触面とコーティング部41と透過窓20は物理的に非接触であり、その隙間は0.2mmより小さいこと、より好ましくは0.05mm以下であることが好ましい。
- [0046] 垂下部21を持たず、また支持部6がAlで構成されている処理容器について、発明者らが実際に実験した結果、支持部6の表面に Y_2O_3 がコーティングされていない場合と、コーティングされている場合とでは、次のような結果が得られた。
- Y_2O_3 がコーティングされていない場合には、コンタミネーションの元素はAlであり、その量は $400 \times 10^{10} / \text{cm}^2$ であった。これに対し、 Y_2O_3 がコーティングされている場合には、コンタミネーションの元素はAlは検出されず、Yであり、その量は $28 \times 10^{10} / \text{cm}^2$ であった。 Y_2O_3 は耐プラズマ性が良いので、メタルコンタミネーションの量としては一桁減少している。
- [0047] また垂下部21の効果について、コンタミネーションの量からみた評価についても調べると、次のようになった。すなわち図7の構造例から垂下部21を持たない場合には、Alのコンタミネーションの量は $16 \times 10^{10} / \text{cm}^2$ であり、Yのコンタミネーションの量は $28 \times 10^{10} / \text{cm}^2$ あったが、図7のように垂下部21を有する場合には、ギャップ長Dを2mmにしたとき、Alのコンタミネーションの量は $7.5 \times 10^{10} / \text{cm}^2$ であり、Yのコンタミネーションの量は $0.61 \times 10^{10} / \text{cm}^2$ あった。なおいずれもアルゴンプラズマを発生させた場合で、処理圧力は6.65Pa(5mTorr)である。
- このようにコンタミネーションの点からみても、垂下部21を設けた場合には、その発生量が著しく低減していることが確認できる。
- [0048] なお図7に示した例では、支持部6は、処理容器2の側壁5から処理容器2の内側へと突出した形態をとっているが、かかる形態であっても、既述した本発明の各効果は何ら変わらない。
- [0049] 垂下部の幅については、図7に即して説明すると、その幅Mが $\lambda / 4$ を超えると(λ はマイクロ波が透過窓中を伝播する際の波長)、透過窓20から垂下部21内に進入しやすくなり、垂下部21と支持部6との間に生ずる電界が強くなるおそれがあるので、

垂下部21の幅Mは $\lambda/4$ 以下であることが好ましい。

- [0050] また垂下部21の遮蔽壁としての機能を鑑みると、隙間dと垂下部の長さとの関係は、図7に即して説明すると、隙間dにおける所定距離(ギャップ長)をD、垂下部21の垂直方向の長さをLとしたとき、 L/D が3以上であることが好ましい。

実施例 1

- [0051] 図4に示した透過窓20を有するプラズマ処理装置1を用いて酸化膜の形成処理を行った場合のウエハW上のセンターからエッジにかけての電子密度の分布測定を行った結果を、従来技術、すなわち垂下部21を持たず一様な厚さの透過窓20の周辺部が支持部6で支持されている構成のプラズマ処理装置の場合と比較して、図10に示した。
- [0052] 処理の条件は、処理ガスとして流量比が、 $\text{Ar}/\text{O}_2/\text{H}_2 = 500/5/5$ (sccm)の混合ガスを使用し、処理容器2内の圧力は133Pa、マイクロ波のパワーは4500Wである。
- [0053] 図10のグラフに示したように、従来技術ではウエハWの中心部での電子密度が相対的に低下し、酸化膜形成レートの均一性(ウエハ面内での均一性)が3.5%であった。これは、エッジ効果がプラズマ密度に影響していると考えられる。これに対し、図4に示した透過窓20を有するプラズマ処理装置1を用いて処理を行った場合には、ウエハWの中心部での電子密度が低下することではなく、また酸化膜形成レートの均一性も1.8%であった。これはエッジ効果が抑制された結果、マイクロ波のパワーのロス分が減少し、結果的に全体としてプラズマ密度が向上し、それによって周辺に対する中心部分のプラズマ密度が改善されたためである。したがって、本発明の方が、エッジ効果が抑制されて、均一な処理が行えたことがわかる。

産業上の利用可能性

- [0054] 本発明は、誘電体からなる透過窓を支持する支持部を処理容器内に有するプラズマ処理装置の処理の均一性に有用である。

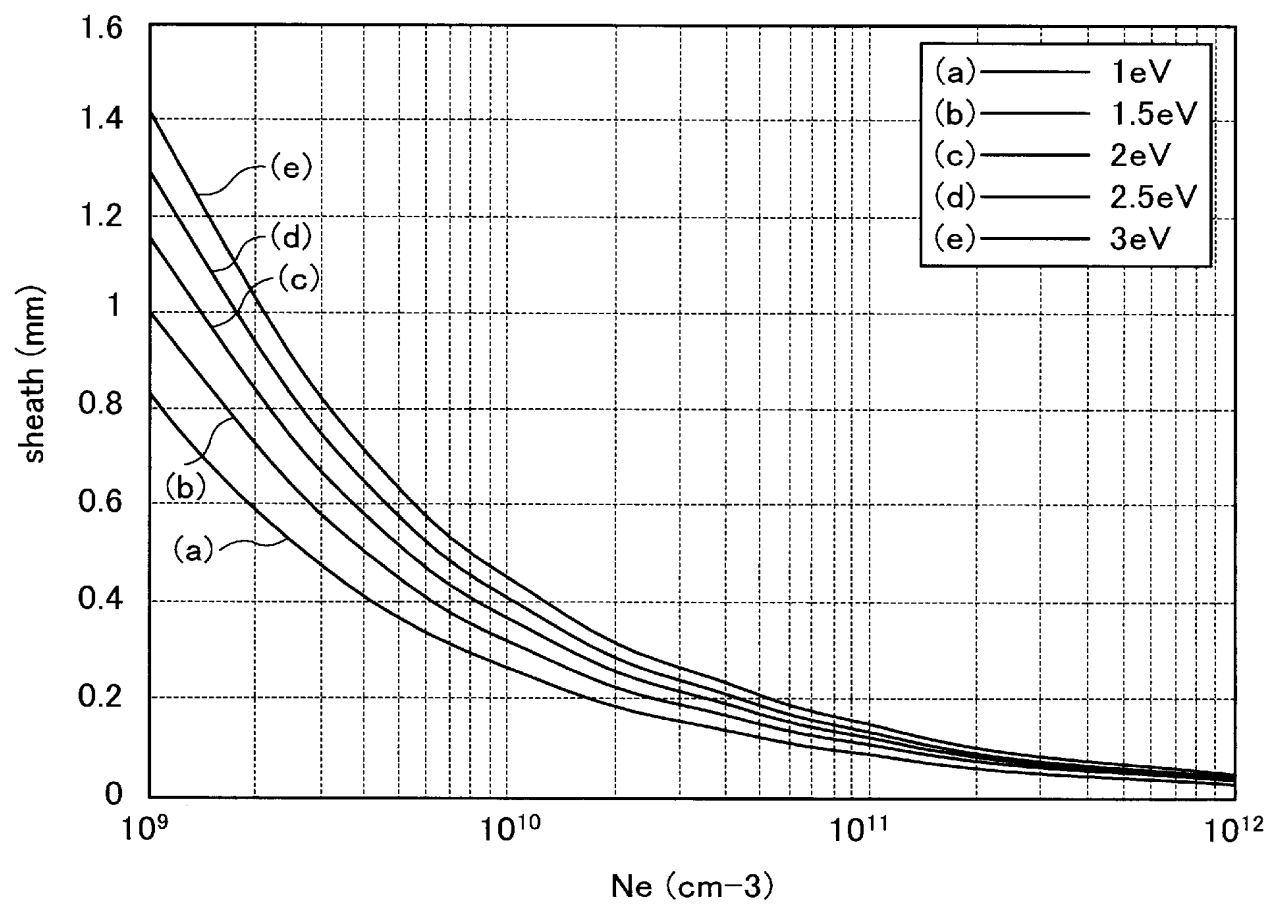
請求の範囲

- [1] マイクロ波の供給によって発生したプラズマによって、処理容器内の基板に対して処理を施すプラズマ処理装置であって、
処理容器の上部開口部を気密に覆う誘電体からなる透過窓と、
前記処理容器において前記透過窓の周縁部を支持する支持部とを有し、
前記透過窓は中央領域に透過窓と同じ材質の垂下部を有し、当該垂下部の外周面と、前記支持部又は支持部から続く処理容器の側壁内面との間は、所定距離以上の隙間が形成されていることを特徴とする、プラズマ処理装置。
- [2] 前記所定距離は、0.5〜10mmであることを特徴とする、請求項1に記載のプラズマ処理装置。
- [3] 前記所定距離は、0.5〜5mmであることを特徴とする、請求項1に記載のプラズマ処理装置。
- [4] 前記垂下部の外周面は、下方に向かうにつれて次第に前記隙間が大きくなるテーパ面であることを特徴とする、請求項1に記載のプラズマ処理装置。
- [5] 前記垂下部の中心側領域に、凹部が形成されていることを特徴とする、請求項1に記載のプラズマ処理装置。
- [6] 前記凹部を形成する側壁は、凹部の中心側に向けて傾斜したテーパ面であることを特徴とする、請求項5に記載のプラズマ処理装置。
- [7] マイクロ波の透過窓中の波長を λ としたとき、前記垂下部の幅は $\lambda/4$ 以下であることを特徴とする、請求項5に記載のプラズマ処理装置。
- [8] 前記垂下部の垂直方向の長さをL、前記所定距離をDとしたとき L/D は3以上であることを特徴とする、請求項1に記載のプラズマ処理装置。
- [9] 前記垂下部の垂直方向の長さは20mm以上であることを特徴とする、請求項1に記載のプラズマ処理装置。
- [10] 前記支持部又は支持部から続く側壁における処理容器内に面した各表面の少なくともいずれかには、 Y_2O_3 （イットリア）がコーティングされていることを特徴とする、請求項1に記載のプラズマ処理装置。
- [11] マイクロ波の供給によって発生したプラズマによって、処理容器内の基板に対して処

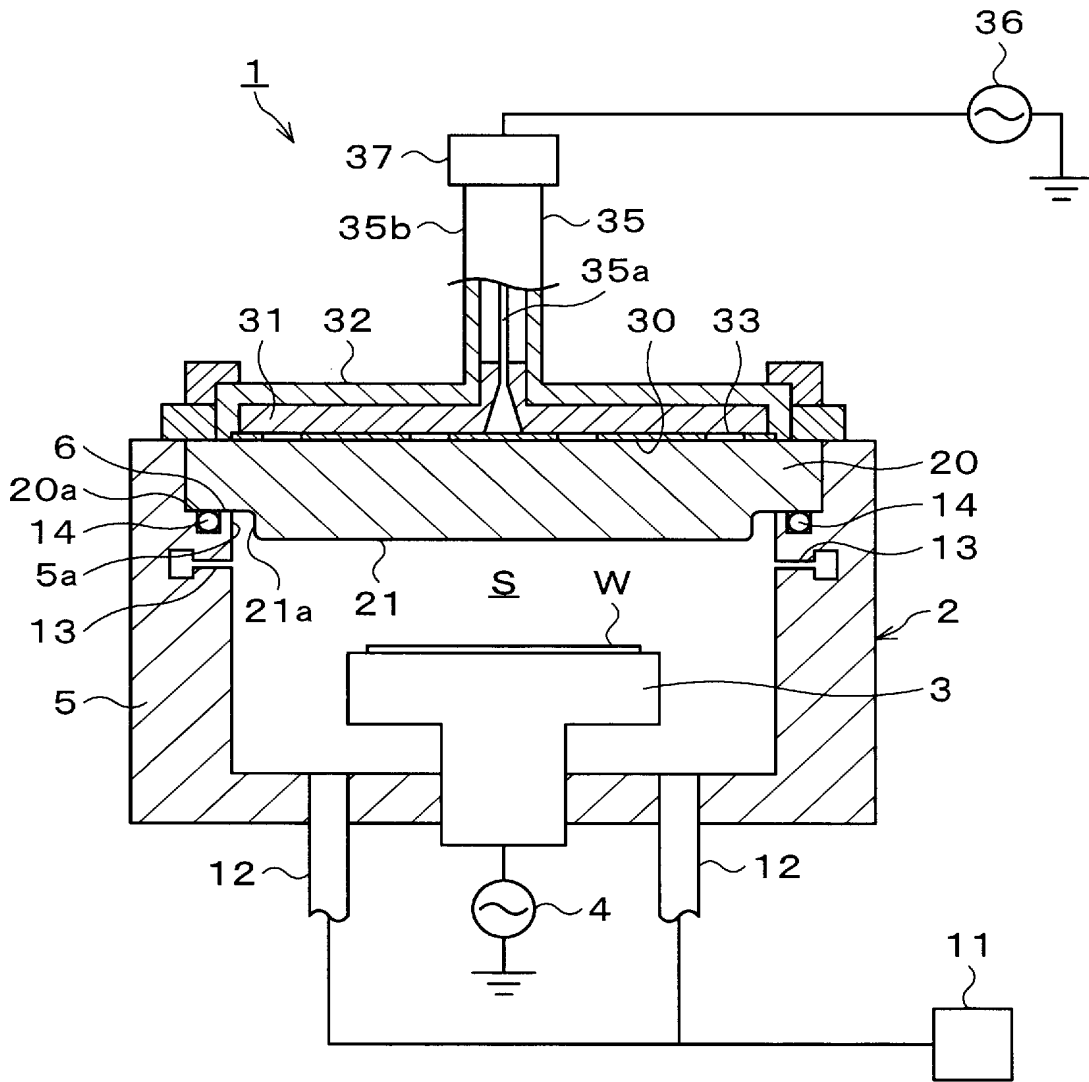
理を施すプラズマ処理装置であって、
処理容器の上部開口部を気密に覆う誘電体からなる透過窓と、
前記処理容器において前記透過窓の周縁部を支持する支持部とを有し、
前記支持部の下方には、前記透過窓下面との間に所定距離以上の隙間において前記処理容器内に突出するひさし部が設けられたことを特徴とする、プラズマ処理装置。

- [12] 前記所定距離は、0.5～10mmであることを特徴とする、請求項11に記載のプラズマ処理装置。
- [13] 前記所定距離は、0.5～5mmであることを特徴とする、請求項11に記載のプラズマ処理装置。
- [14] マイクロ波の供給によって発生したプラズマによって、処理容器内の基板に対して処理を施すプラズマ処理装置を用いた処理方法であって、前記プラズマ処理装置は、処理容器の上部開口部を気密に覆う誘電体からなる透過窓と、前記処理容器において前記透過窓の周縁部を支持する支持部とを有し、
前記透過窓は中央領域に透過窓と同じ材質の垂下部を有し、当該垂下部の外周面と前記支持部から続く処理容器の側壁内面との間には隙間が形成されており、
当該隙間の大きさを調整することで、前記透過窓周辺部での電界の強度を制御することを特徴とする、プラズマ処理方法。
- [15] 前記垂下部の外周面は、下方に向かうにつれて次第に前記隙間が大きくなるテーパ面であり、
前記隙間の大きさの調整に代えて、当該テーパ面のテーパ角度を調整することで、前記透過窓周辺部での電界の強度を制御することを特徴とする、請求項14に記載のプラズマ処理方法。

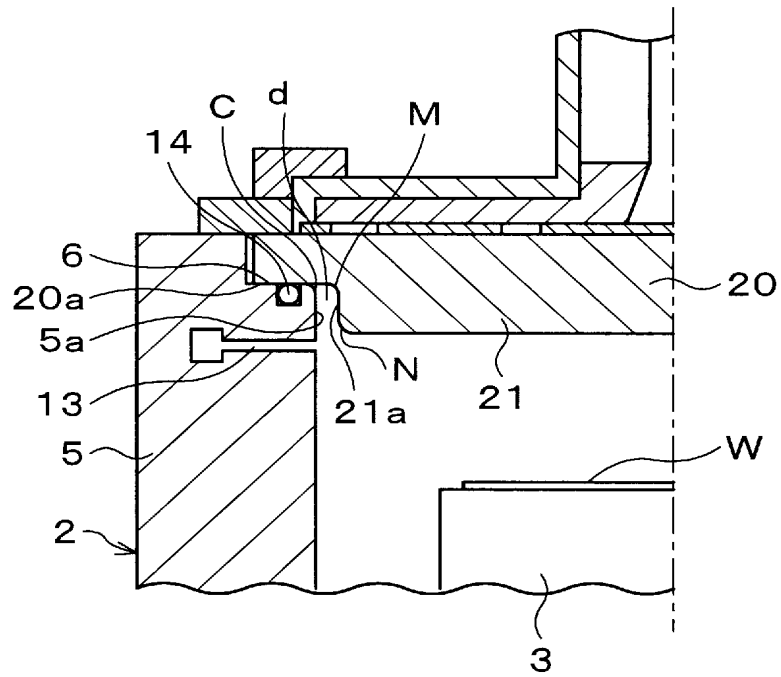
[図1]



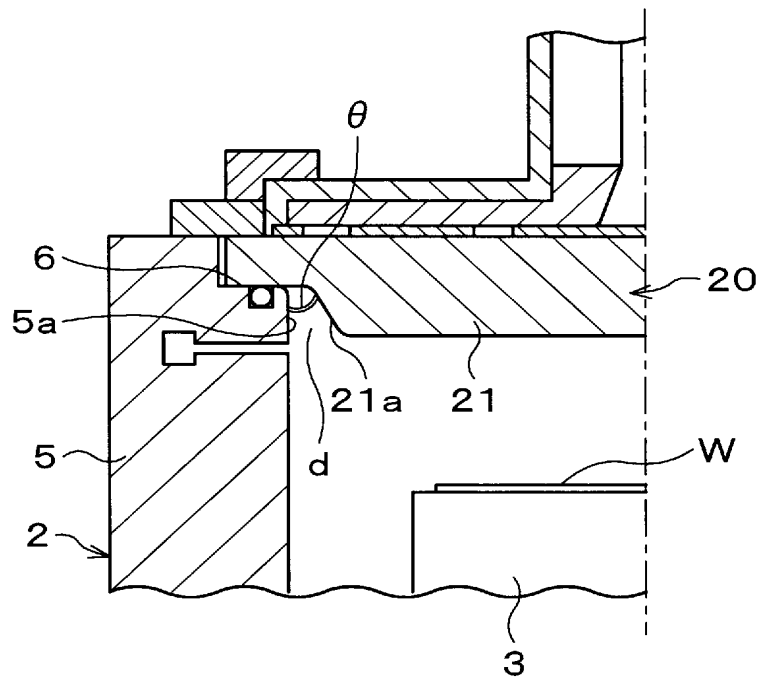
[図2]



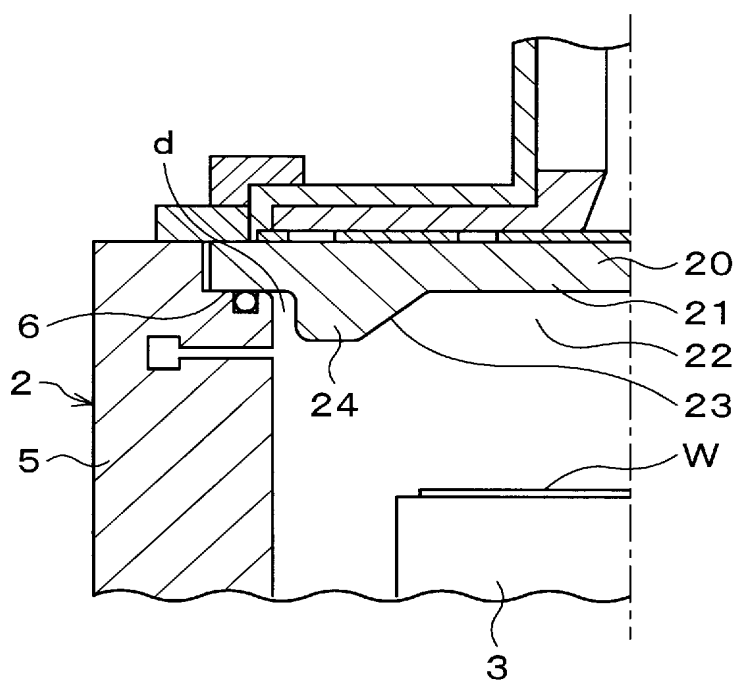
[図3]



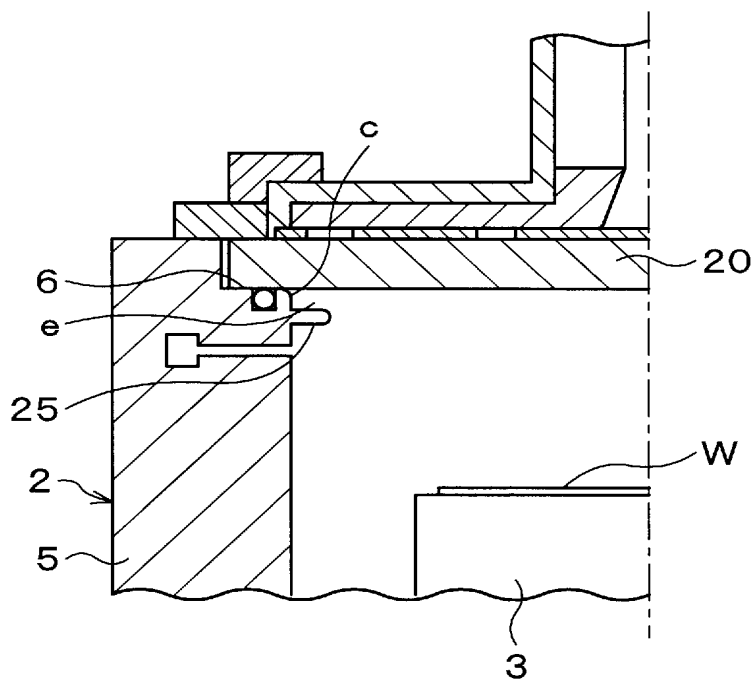
[図4]



[図5]

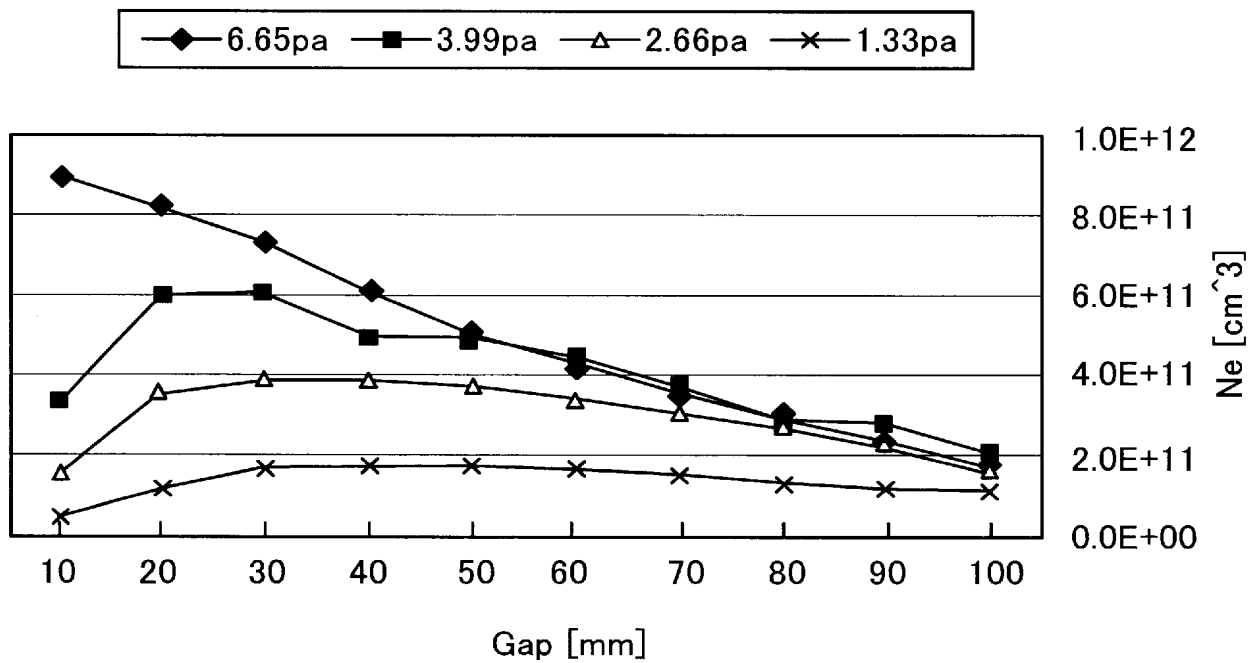


[図6]

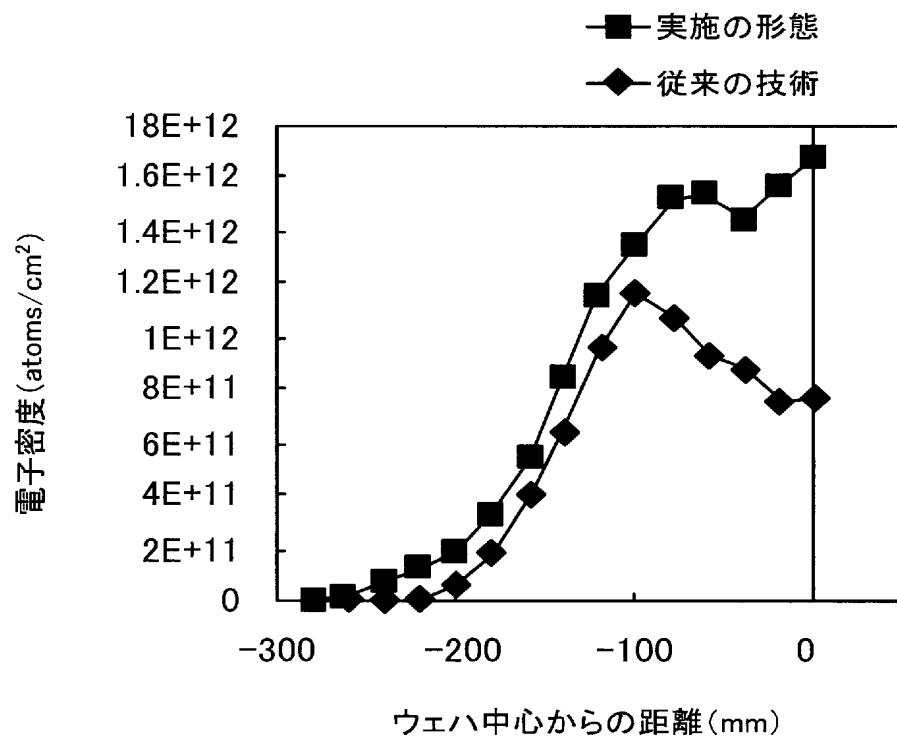


Gap [mm]	6.65pa (eV)	3.99pa (eV)	2.66pa (eV)	1.33pa (eV)
10	3.0	4.5	7.0	-
20	1.8	2.2	3.8	6.0
30	1.5	1.8	2.2	2.5
40	1.4	1.6	1.8	2.2
50	1.3	1.5	1.6	2.0
60	1.2	1.4	1.5	1.9
70	1.2	1.3	1.4	1.8
80	1.1	1.3	1.4	1.8
90	1.1	1.2	1.3	1.8
100	1.0	1.2	1.3	1.8

[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/002217

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ H01L21/31, C23C16/511, C23F4/00, H01L21/3065, H05H1/46

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ H01L21/31, H01L21/205, C23C16/511, C23F4/00, H01L21/3065, H05H1/46

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2003-059919 A (Kabushiki Kaisha Arubakku), 28 February, 2003 (28.02.03), Full text (Family: none)	1, 5, 14 2-4, 6-13, 15
X Y	JP 2003-168681 A (Kabushiki Kaisha Arubakku), 13 June, 2003 (13.06.03), Full text (Family: none)	1, 5, 14 2-4, 6-13, 15
A	JP 2004-259581 A (Shimadzu Corp.), 16 September, 2004 (16.09.04), Full text (Family: none)	1-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
17 May, 2005 (17.05.05)

Date of mailing of the international search report
31 May, 2005 (31.05.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/002217

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X P,A	JP 2004-311510 A (Kabushiki Kaisha Arubakku), 04 November, 2004 (04.11.04), Full text (Family: none)	1, 5, 14 2-4, 6-13, 15
E,X	JP 2005-063986 A (Kabushiki Kaisha Ekisho Sentan Gijutsu Kaihatsu Senta), 10 March, 2005 (10.03.05), Full text (Family: none)	1
E,X E,A	JP 2005-100931 A (Tokyo Electron Ltd.), 14 April, 2005 (14.04.05), Full text (Family: none)	1, 4-6, 14 2-3, 7-13, 15

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ H01L21/31, C23C16/511, C23F4/00, H01L21/3065, H05H1/46

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ H01L21/31, H01L21/205, C23C16/511, C23F4/00, H01L21/3065, H05H1/46

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X A	JP 2003-059919 A (株式会社アルバック) 2003.02.28, 全文 (ファ ミリーなし)	1, 5, 14 2-4, 6-13, 15
X Y	JP 2003-168681 A (株式会社アルバック) 2003.06.13, 全文 (ファ ミリーなし)	1, 5, 14 2-4, 6-13, 15
A	JP 2004-259581 A (株式会社島津製作所) 2004.09.16, 全文 (ファ ミリーなし)	1-15

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17.05.2005

国際調査報告の発送日

31.5.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

池淵 立

4R

8831

電話番号 03-3581-1101 内線 3471

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
P, X P, A	JP 2004-311510 A (株式会社アルバック) 2004. 11. 04, 全文 (ファミリーなし)	1, 5, 14 2-4, 6-13, 15
E, X	JP 2005-063986 A (株式会社 液晶先端技術開発センター) 2005. 03. 10, 全文 (ファミリーなし)	1
E, X E, A	JP 2005-100931 A (東京エレクトロン株式会社) 2005. 04. 14, 全文 (ファミリーなし)	1, 4-6, 14 2-3, 7-13, 15